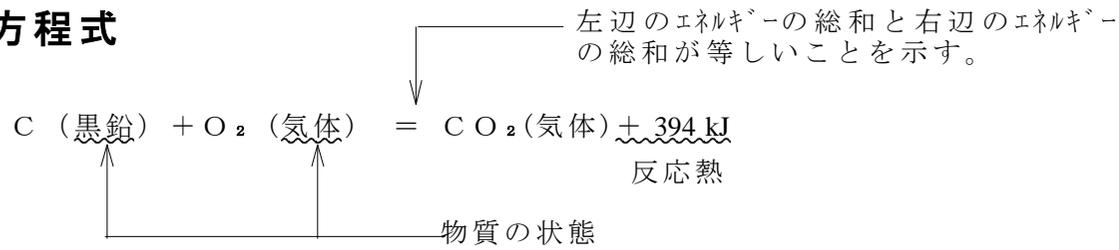
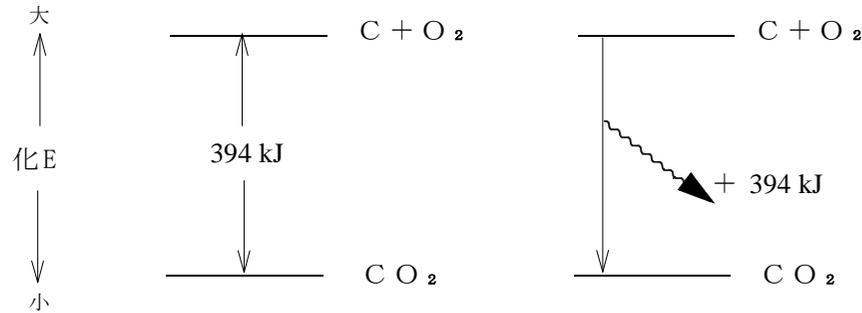


熱化学方程式



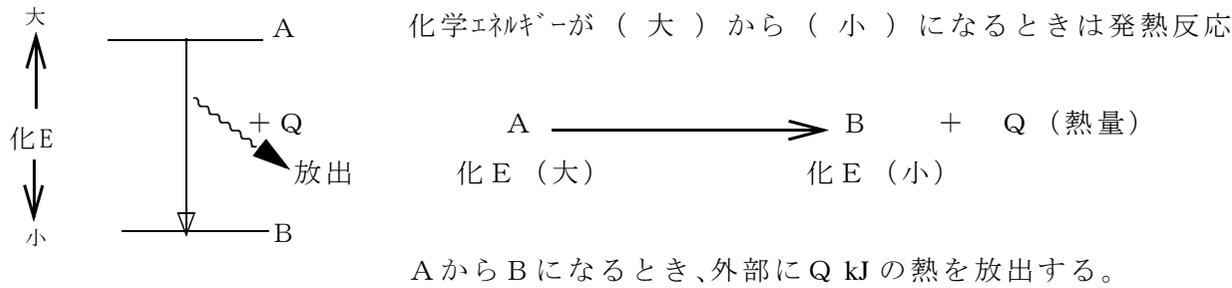
C 1 mol と O₂ 1 mol のもつ化学Eは、CO₂ 1 mol のもつ化学Eに、394 kJ のEを加えたものに等しい。



反応熱 = (反応系の化学エネルギーの総和) - (生成系の化学エネルギーの総和)

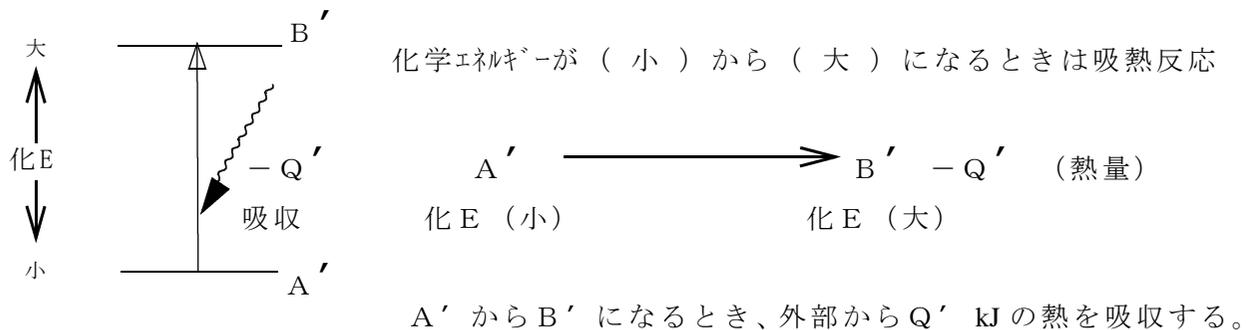
発熱反応

$$A = B + Q \text{ kJ} \quad (\text{発熱: 右辺で} + Q, \text{外部に放出})$$



吸熱反応

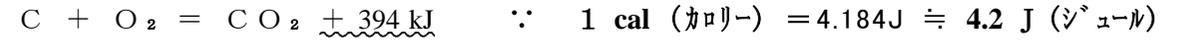
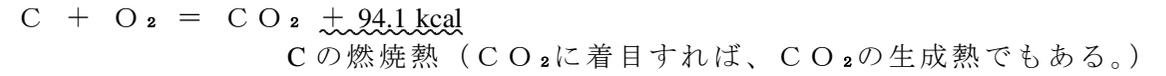
$$A' = B' - Q' \text{ kJ} \quad (\text{吸熱: 右辺で} - Q', \text{外部から吸収})$$



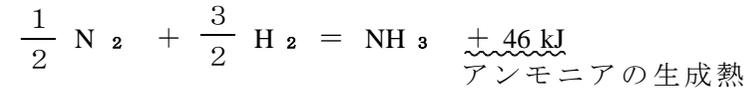
反応熱

反応熱は、着目する物質 1 mol あたりの出入りする熱量で表す。(kJ/mol)

燃焼熱…………… 1 mol の物質が、完全燃焼するときの反応熱

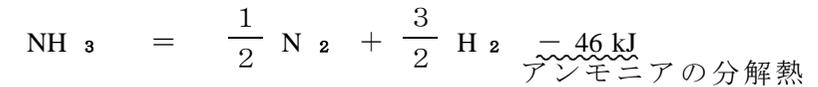


生成熱…………… 1 mol の物質が、その成分元素の単体から生成するときの反応熱



分解熱…………… 1 mol の物質が、その成分元素の単体に分解するときの反応熱

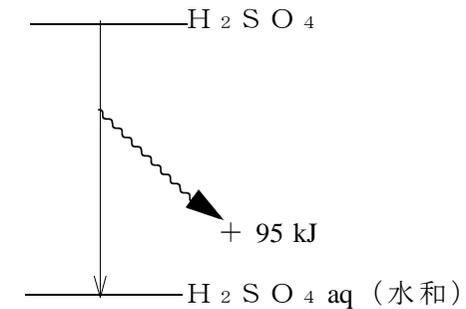
【問】アンモニアの分解熱を示す熱化学方程式を書きなさい。



溶解熱…………… 1 mol の物質が (十分な量の水に) 溶解するときの反応熱

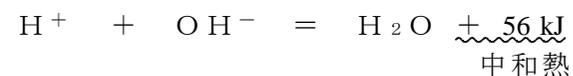
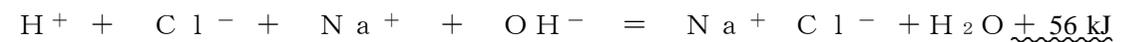
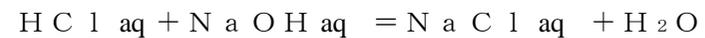


aq … aqua (水) の略で十分な量の水を意味する。



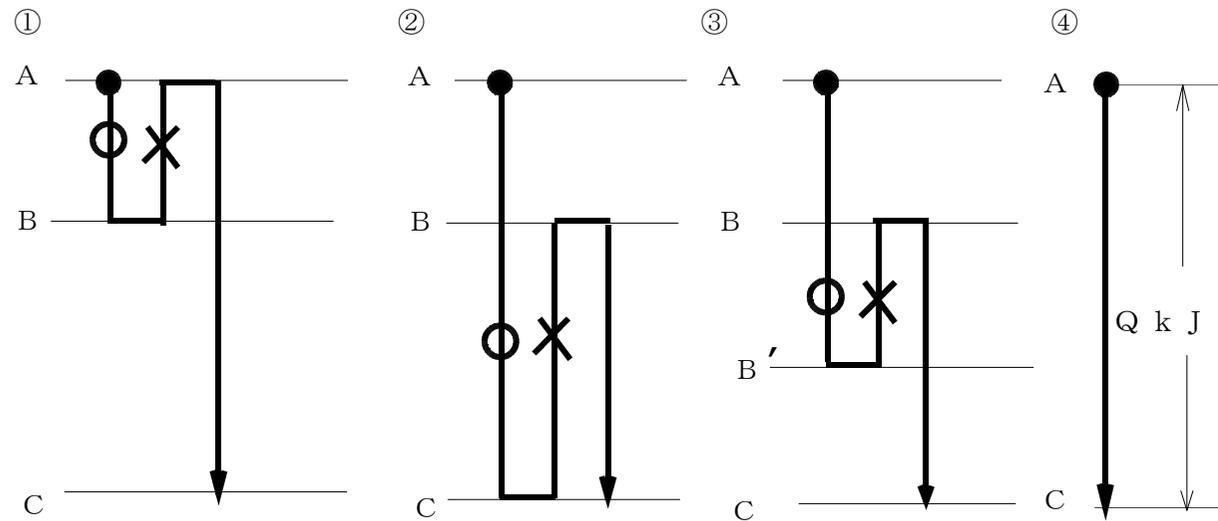
※液体、気体が溶解するときは発熱反応、固体が溶解するときは吸熱反応の場合が多い。

中和熱……………酸と塩基が中和して、水 1 mol ができるときの反応熱
(H⁺とOH⁻から、H₂O 1 mol ができるときの反応熱)



ヘスの法則

反応の前後の状態だけで反応熱は決まり、途中の経路には関係しない。



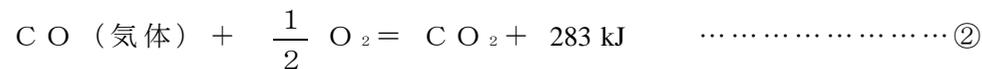
反応経路

① $A \rightarrow B \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow C$ ② $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow B \rightarrow C$ ③ $A \rightarrow B \rightarrow B' \rightarrow B \rightarrow B' \rightarrow C$ ④ $A \rightarrow C$

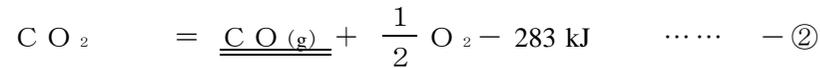
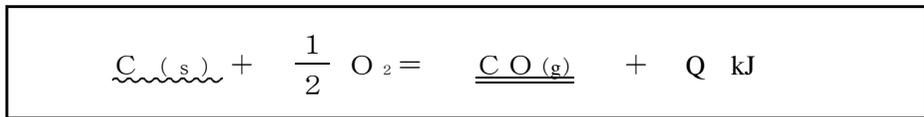
①、②、③の反応熱は④と同じで + Q k J である。

ヘスの法則により、**熱化学方程式の代数計算が可能**となる。

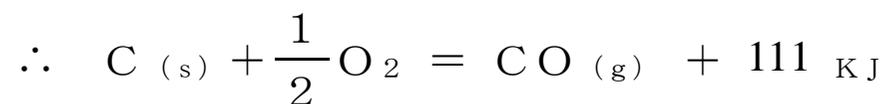
【問1】



①、②を用いてCO（一酸化炭素）の生成熱を求めなさい。（+ 111 kJ）



+) _____



結合エネルギー

気体状態の分子内の共有結合を切断して原子にするために必要なエネルギー結合 1 mol (= 6.0×10^{23} 個) あたりのエネルギー量で表す。(kJ/mol)

反応熱と結合エネルギー

生成系の結合エネルギーの総和と反応系の結合エネルギーの総和の差が反応熱である。

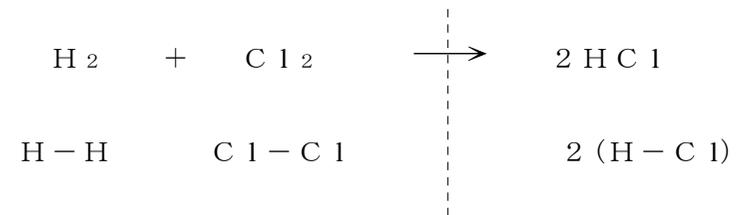
$$\text{反応熱} = (\text{生成物の結合エネルギーの総和}) - (\text{反応物の結合エネルギーの総和})$$

【問2】表の結合エネルギーの値から、水素 1 mol と塩素 1 mol から塩化水素 2 mol が生成するときの反応熱を求めなさい。(185 kJ)

結 合	結合エネルギー (kJ/mol)
H-H	432
Cl-Cl	239
H-Cl	428

反応熱 = (生成物の結合エネルギーの総和) - (反応物の結合エネルギーの総和)
 = (右辺の結合エネルギーの総和) - (左辺の結合エネルギーの総和)

を用いて解く方法



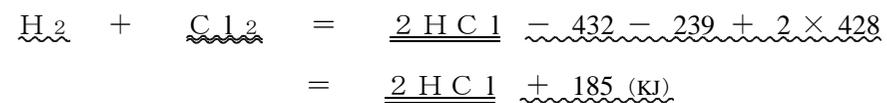
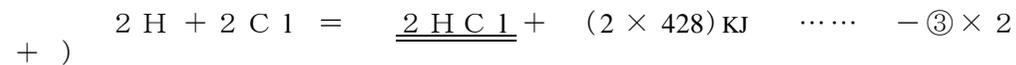
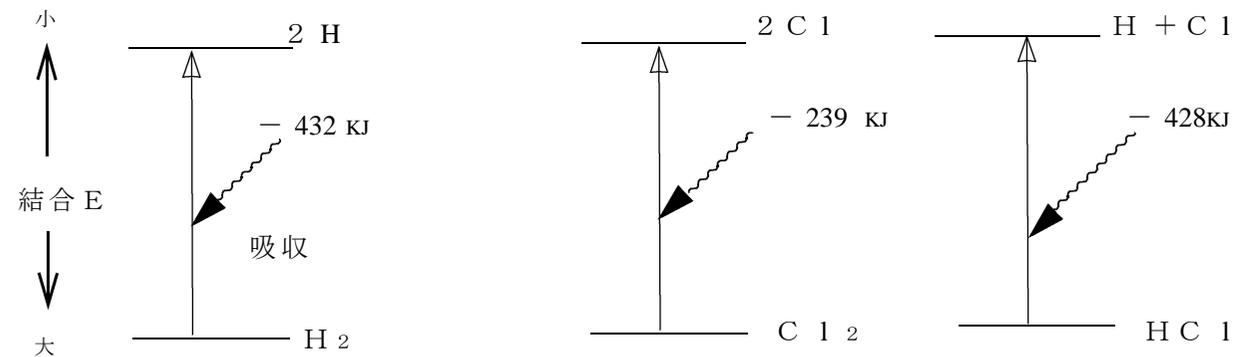
$$\begin{aligned} \text{反応熱} &= (\text{右辺の結合エネルギーの総和}) - (\text{左辺の結合エネルギーの総和}) \\ &= 2(H-Cl) - \{(H-H) + (Cl-Cl)\} \\ &= 2 \times 428 - (432 + 239) \\ &= 185 \text{ (kJ)} \end{aligned}$$

+ 185 kJ

(H-H) は、 H_2 の結合Eを表すものとする。
 (Cl-Cl) は、 Cl_2 の結合Eを表すものとする。
 (H-Cl) は、 HCl の結合Eを表すものとする。

【式（熱化学方程式）を用いて解く方法】

結合E…… 分子をバラバラにして原子にするために必要なエネルギー
 ↓ 左辺で+

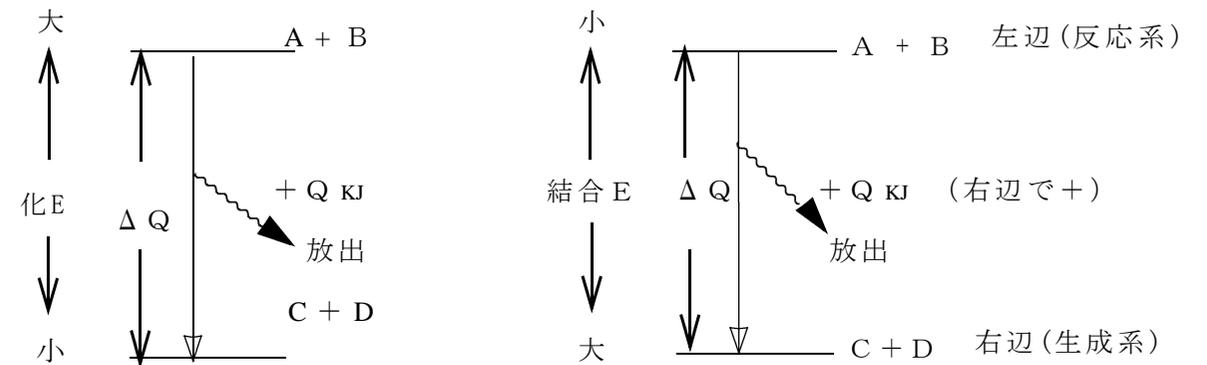
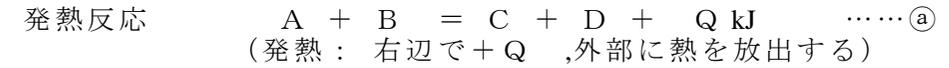


よって、+ 185 kJ

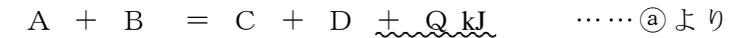
(HC の生成熱は、+ 92.5 kJ/mol)

【化学エネルギーと結合エネルギーの関係】

発熱反応で考えてみると



(C+D) の結合E > (A+B) の結合E



$$+Q = (\text{A} + \text{B}) - (\text{C} + \text{D})$$

$$\therefore \text{反応熱} = \text{左辺の化学Eの総和} - \text{右辺の化学Eの総和}$$

反応系と生成系のエネルギー差 |ΔQ| は、化学Eで考えても結合Eで考えても同じ。

結合Eで考えてみると

$$(\text{Aの結合E} + \text{Bの結合E}) + |\Delta Q| = (\text{Cの結合E} + \text{Dの結合E}) \quad \dots\dots ②$$

②より

$$+Q = (+|\Delta Q|) = (\text{Cの結合E} + \text{Dの結合E}) - (\text{Aの結合E} + \text{Bの結合E})$$

$$= (\text{右辺の結合Eの総和}) - (\text{左辺の結合Eの総和})$$

$$\therefore \text{反応熱} = (\text{右辺の結合Eの総和}) - (\text{左辺の結合Eの総和})$$

結合Eのエネルギー差ΔQの正負は、化学Eのエネルギー差ΔQの正負とは逆になる。

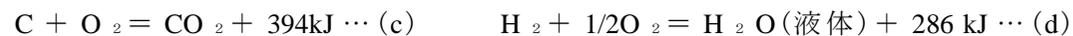
(結合Eは左辺で定義されるのに対して、反応熱は右辺で定義されているから。)

よって、左辺の結合Eの総和から右辺の結合Eの総和を差し引くと、②より発熱反応なのに (左辺の結合Eの総和) - (右辺の結合Eの総和) = -|ΔQ| = -Q となってしまう。つまり、反応熱(右辺での+, -)の正負と逆になってしまう。

【化学エネルギー変化の正負と反応熱の正負】

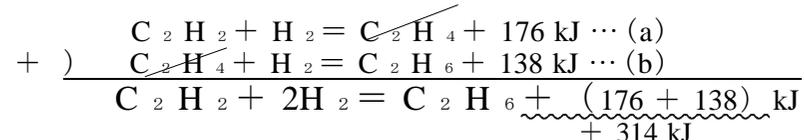
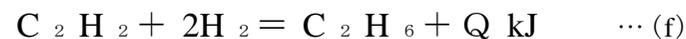
- 化学Eのエネルギー変化の正負と反応熱の正負は逆になる。
- エンタルピー変化が負の時、つまり、 $\Delta H < 0$ のときが発熱反応である。
- 化学Eが大→小(エネルギー変化は、減少だから負)のときが、発熱反応でQ(反応熱)の符号は、+ (正) である。

【問題 A】 次の熱化学方程式を参考にして、下記の問いに答えよ。

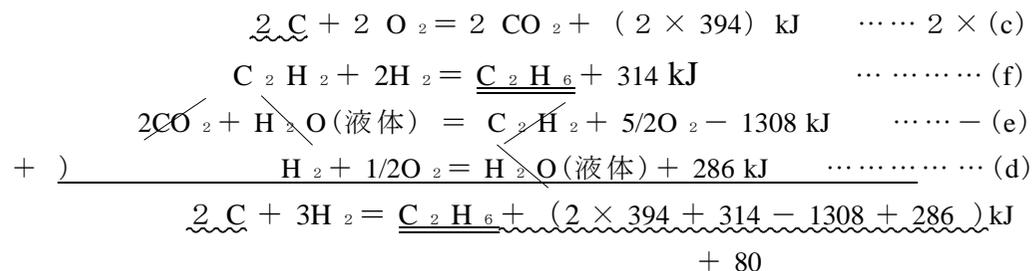
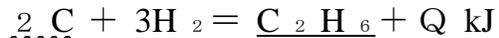


結合	結合エネルギー (kJ/mol)
H—H	436
C—H	413
C—C	348

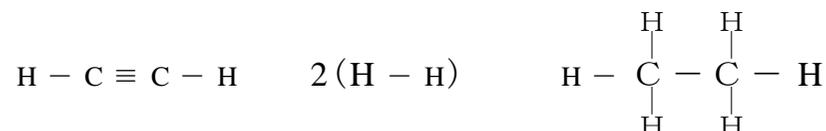
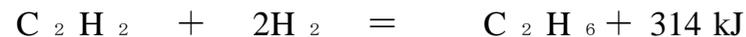
- (1) アセチレン C_2H_2 に水素を付加させて、エタン C_2H_6 にするとき発生する熱量を求めよ。 (+ 314 kJ)



- (2) エタンの生成熱を求めよ。(80 kJ/mol)



- (3) 上記の熱化学方程式と上記の結合エネルギーから、アセチレンの三重結合の結合エネルギーを求めよ。(814 kJ/mol)

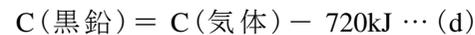
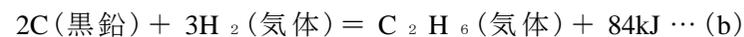
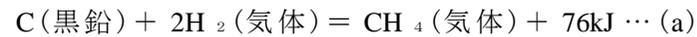


$$\begin{aligned} \text{反応熱} &= (\text{右辺の結合 E の総和}) - (\text{左辺の結合 E の総和}) \\ 314 &= \{6(\text{C}-\text{H}) + (\text{C}-\text{C})\} - \{2(\text{C}-\text{H}) + (\text{C}\equiv\text{C}) + 2(\text{H}-\text{H})\} \end{aligned}$$

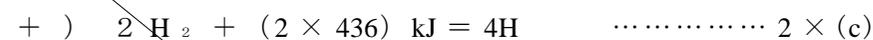
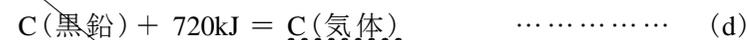
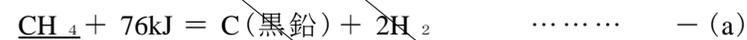
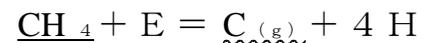
$$\begin{aligned} \therefore 314 &= (6 \times 413 + 348) - (2 \times 413 + x + 2 \times 436) \\ &= 4 \times 413 + 348 - x - 872 \end{aligned}$$

$$\therefore x = + 814 \text{ kJ/mol}$$

【問題 B】 次の熱化学方程式を参考にして、以下の各問いに答えよ。

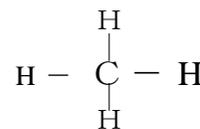


- (1) CH_4 をその構成原子にばらばらにするのに要するエネルギーを求めよ。(1668 kJ)



$$+ 1668 \text{ kJ}$$

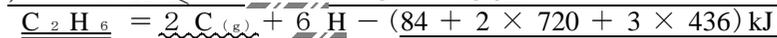
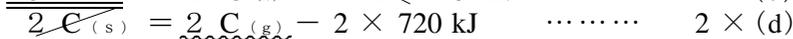
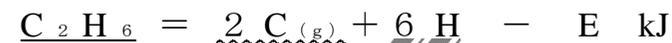
- (2) C—H の結合エネルギーを求めよ。(417 kJ/mol)



$$- 1668 = 0 - 4(\text{C}-\text{H})$$

$$= 0 - 4x \quad \therefore x = 1668/4 = 417 \text{ kJ}$$

- (3) C_2H_6 をその構成原子にばらばらにするのに要するエネルギーを求めるために必要な熱化学方程式を(a)から(d)までの中からすべて選べ。(b), (c), (d) 熱量を求めよ。(+ 314 kJ)



$$- 2832$$

- (4) C_2H_6 の C—C 結合の結合エネルギーを求めよ。(330 kJ/mol)

$$- 2832 = 0 - \{6(\text{C}-\text{H}) + (\text{C}-\text{C})\}$$

$$= 0 - (6 \times 417 + x)$$

$$\therefore x = 2832 - 6 \times 417 = 330 \text{ (kJ/mol)}$$